





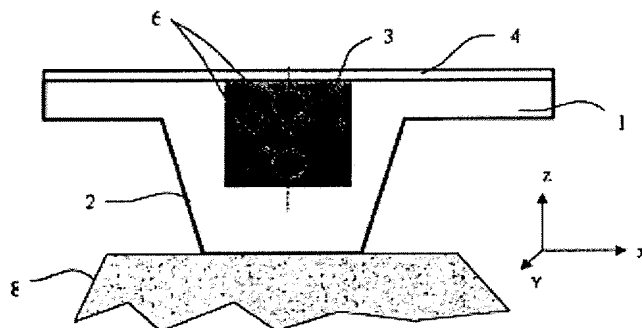


METHOD AND DEVICE FOR EVALUATING DEFORMATIONS AND FORCES**Publication number:** WO02057711**Publication date:** 2002-07-25**Inventor:** POULBOT VALERY (FR); FAGOT-REVURAT LIONEL (FR); DEMAIE HEATHCLIFF (FR)**Applicant:** MICHELIN SOC TECH (FR); MICHELIN RECH TECH (CH); POULBOT VALERY (FR); FAGOT-REVURAT LIONEL (FR); DEMAIE HEATHCLIFF (FR)**Classification:****- international:** *B60C11/00; B60C13/00; B60C23/04; G01B7/16; G01L1/14; G01L5/20; B60C11/00; B60C13/00; B60C23/02; G01B7/16; G01L1/14; G01L5/20; (IPC1-7): G01B7/16; B60C11/00; B60T8/00; G01L1/14***- european:** B60C11/00; B60C13/00; G01B7/22; G01L1/14A**Application number:** WO2002EP00180 20020110**Priority number(s):** FR20010000353 20010110**Also published as:** EP1352210 (A1)
 US6958615 (B2)
 US2004004486 (A1)
 EP1352210 (A0)
 CN1484749 (A)**Cited documents:** DE801864
 EP0756162
 US4102422
 DE3503805**Report a data error here****Abstract of WO02057711**

The invention concerns a method and a device for evaluating deformations or forces sustained by a structure comprising an elastomeric body (2), said device comprising a dipole (6) whereof the dielectric (3) consists of said elastomeric body and an analysing electronic circuit sensitive to a variation of a capacitive characteristic of the dipole caused by said deformations of the body. In particular, but not exclusively, the invention concerns a device for evaluating forces sustained by a running tyre when it passes in the contact zone. The invention is similarly applicable in other structures comprising an elastomeric body such as for example elastomeric articulations designed for contact of vehicles with the ground.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
25 juillet 2002 (25.07.2002)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 02/057711 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ : **G01B 7/16**,
G01L 1/14, B60C 11/00, B60T 8/00

(71) *Déposant (pour tous les États désignés sauf CA, MX, US) :*
SOCIETE DE TECHNOLOGIE MICHELIN [FR/FR];
23, rue Breschet, F-63000 Clermont-Ferrand Cedex 09
(FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP02/00180

(71) *Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :* **MICHE-
LIN RECHERCHE ET TECHNIQUE S.A.** [CH/CH];
Route Louis-Braille 10 et 12, CH-1763 Granges-Paccot
(CH).

(22) Date de dépôt international :
10 janvier 2002 (10.01.2002)

(25) Langue de dépôt : français

(72) Inventeurs; et

(26) Langue de publication : français

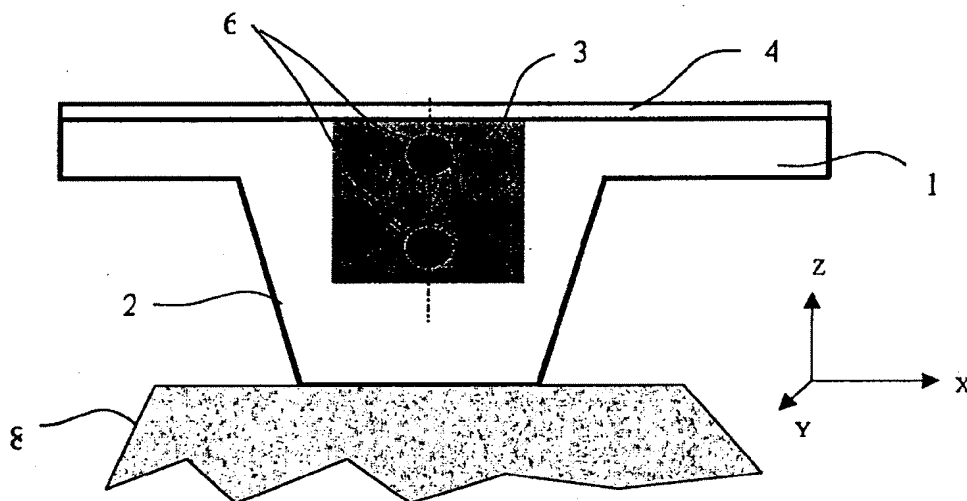
(75) *Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :* **POULBOT,
Valéry** [FR/FR]; 21, rue du Creux des Mets, F-63430
Les Martres D'artiere (FR). **FAGOT-REVURAT, Lionel**
[FR/FR]; 20, rue Croix Mandet, F-63260 Ussel de Vensat
(FR). **DEMAIE, Heathcliff** [FR/FR]; 49, rue Bonnabeaud,
F-63000 Clermont-Ferrand (FR).

(30) Données relatives à la priorité :
01/00353 10 janvier 2001 (10.01.2001) FR

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR EVALUATING DEFORMATIONS AND FORCES

(54) Titre : PROCEDE ET DISPOSITIF D'EVALUATION DE DEFORMATIONS ET D'EFFORTS



(57) **Abstract:** The invention concerns a method and a device for evaluating deformations or forces sustained by a structure comprising an elastomeric body (2), said device comprising a dipole (6) whereof the dielectric (3) consists of said elastomeric body and an analysing electronic circuit sensitive to a variation of a capacitive characteristic of the dipole caused by said deformations of the body. In particular, but not exclusively, the invention concerns a device for evaluating forces sustained by a running tyre when it passes in the contact zone. The invention is similarly applicable in other structures comprising an elastomeric body such as for example elastomeric articulations designed for contact of vehicles with the ground.

[Suite sur la page suivante]



WO 02/057711 A1



(74) **Mandataire :** BAUVIR, Jacques; Michelin & Cie, Service SGD/LG/PI-LAD, F-63040 Clermont-Ferrand Cedex 09 (FR).

(81) **États désignés (national) :** AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) **États désignés (régional) :** brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet

eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) **Abrége :** La présente invention concerne un procédé et un dispositif d'évaluation des déformations ou des efforts subis par une structure comprenant un corps élastomérique (2), ledit dispositif comprenant un dipôle (6) dont le diélectrique (3) est formé par ledit corps élastomérique et un circuit électronique d'analyse sensible à une variation d'une caractéristique capacitive du dipôle occasionnée par lesdites déformations dudit corps. En particulier, mais non exclusivement, l'invention concerne un dispositif d'évaluation des efforts subis par un pneumatique en roulage lors de son passage dans l'aire de contact. L'invention s'applique de manière similaire dans d'autres structures comprenant un corps élastomérique comme par exemple les articulations élastomériques destinées à la liaison au sol des véhicules.

procédé et dispositif d'évaluation de déformations et d'efforts

La présente invention concerne la liaison au sol des véhicules automobiles et en particulier les informations relatives aux efforts qui s'exercent entre le véhicule et le sol
5 ou entre les différents éléments de la liaison au sol.

La liaison au sol des véhicules automobiles est constituée d'une chaîne d'éléments ou structures reliant la caisse du véhicule au sol sur lequel se déplace le véhicule. Au sein de cette chaîne, on peut identifier les éléments ou structures suivants: le pneumatique, la
10 roue, le moyeu, le porte-moyeu, les rotules, les pivots, les bras ou triangles de suspension, les articulations élastomériques ou bushings, les ressorts, les amortisseurs. Ces éléments ou structures transmettent à la caisse les efforts subis par le pneumatique dans l'aire de contact. Ces éléments ou structures sont plus ou moins déformables c'est à dire qu'ils se déforment plus ou moins lorsqu'un effort donné est transmis par la chaîne.
15 Si l'on veut connaître les efforts transmis par la chaîne, on peut en théorie les déduire des déformations de chaque élément de la chaîne. Il est par exemple connu de mesurer les efforts dans les bras de suspension à l'aide de jauges de déformation dont la résistance électrique varie en fonction de la déformation que les bras subissent. La présente invention propose d'exploiter le fait que la déformation est plus sensible et/ou
20 plus significative dans certains éléments de la liaison au sol. C'est le cas des pneumatiques ou des articulations élastomériques. En effet, ces éléments sont constitués en grande partie d'un matériau élastomérique, généralement le caoutchouc, de sorte que leur rigidité est très inférieure à celle des autres éléments de la chaîne qui sont généralement métalliques.

25 Selon une caractéristique supplémentaire de l'invention, on utilise la mesure d'une caractéristique électrique capacitive d'au moins un dipôle électrique dont le diélectrique est constitué par un corps élastomérique soumis aux déformations de la structure.

30 Le fait d'utiliser la variation d'une caractéristique capacitive permet en particulier une mesure à faible consommation d'énergie. Ceci est particulièrement intéressant en matière d'alimentation électrique du dispositif qui peut se faire par exemple par une batterie de taille réduite ou par télé-alimentation.

L'invention concerne donc un dispositif d'évaluation de déformations d'une structure comprenant un corps élastomérique et destinée à appartenir à la liaison au sol d'un véhicule, ledit dispositif comprenant un dipôle électrique dont le diélectrique est formé
5 par ledit corps élastomérique et un circuit électronique d'analyse sensible à une variation d'une caractéristique capacitive du dipôle occasionnée par lesdites déformations dudit corps.

Le dispositif de l'invention peut également comprendre en outre des moyens
10 d'évaluation d'efforts subis par ladite structure en fonction desdites déformations provoquées par lesdits efforts.

De préférence, le dipôle comprend des électrodes filaires de préférence sensiblement
15 parallèles.

Le dispositif de l'invention peut être mis en œuvre dans un pneumatique.

L'invention concerne également un pneumatique comportant au moins un tel dispositif. Selon un premier mode de réalisation, le dipôle est situé dans l'épaisseur de la bande de
20 roulement et préférentiellement dans le volume d'un élément de sculpture. Le diélectrique du dipôle peut avantageusement être constitué par le matériau qui constitue la bande de roulement au moins dans la zone où il se situe. Les électrodes du dipôle sont de préférence filaires, sensiblement perpendiculaires à la direction longitudinale de la bande de roulement et sensiblement parallèles à la direction transversale de la bande de
25 roulement afin d'évaluer les déformations longitudinales. Au contraire, pour évaluer les déformations transversales, les électrodes filaires du dipôle sont de préférence sensiblement perpendiculaires à la direction transversale de la bande de roulement et sensiblement parallèles à la direction longitudinale de la bande de roulement. Dans ces configurations, les électrodes sont de préférence situées sensiblement dans le même plan
30 radial du pneumatique. Ledit dispositif peut également comprendre au moins trois électrodes qui constituent entre elles au moins deux dipôles.

Selon un autre mode de réalisation de l'invention, le dispositif comprend deux électrodes filaires situées dans une zone de la bande de roulement qui n'est pas destinée à entrer en contact avec le sol lors du roulage du pneumatique, par exemple entre deux pains de gomme de la bande de roulement.

5

Selon encore un autre mode de réalisation de l'invention, le dispositif est situé dans un flanc du pneumatique et le diélectrique est de préférence constitué par le matériau élastomérique qui constitue le flanc au moins dans la zone où il se situe. Dans le flanc, les électrodes du dipôle sont de préférence sensiblement parallèles, orientées
10 sensiblement radialement. Les électrodes peuvent par exemple être situées sensiblement à la même distance du plan médian du pneumatique ou être distantes l'une de l'autre dans la direction de l'épaisseur du flanc selon le type de déformations auxquelles on souhaite que le dispositif soit le plus sensible.

15 Les électrodes peuvent être constituées par des peignes inter-digités afin d'améliorer la qualité du signal.

Le pneumatique selon l'invention peut comprendre une pluralité de dipôles disposés le long de la circonférence du flanc et connectés entre eux par exemple en parallèle pour
20 constituer un dipôle unique.

L'invention concerne également une articulation élastomérique, en particulier destiné à la liaison au sol d'un véhicule, comprenant au moins un tel dispositif d'évaluation.

25 L'invention concerne également un procédé d'évaluation de déformations d'une structure comprenant un corps élastomérique consistant à déduire lesdites déformations de variations d'une caractéristique capacitive d'au moins un dipôle dont le diélectrique est formé par ledit corps élastomérique.

30 L'invention concerne également un procédé d'évaluation des efforts subis par une structure comprenant un corps élastomérique, ledit procédé consistant à évaluer lesdits efforts à partir de déformations dudit corps provoquées par lesdits efforts, la résistivité dudit corps étant supérieure à $10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$, ledit procédé étant caractérisé en ce que

lesdites déformations sont déduites de variations d'une caractéristique capacitive d'au moins un dipôle dont le diélectrique est formé par ledit corps élastomérique

Selon leurs compositions, les matériaux élastomériques sont plus ou moins conducteurs, c'est à dire qu'ils constituent un plus ou moins bon diélectrique. Plus le corps élastomérique est un bon diélectrique, moins la mesure de capacité ou d'impédance capacitive est affectée par les courants de fuite du dipôle. C'est pourquoi, un mode de réalisation préféré du dispositif de l'invention utilise comme diélectrique un matériau élastomérique dont la résistivité est supérieure à $10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ et préférentiellement encore supérieure à $10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$. Pour ce faire, on peut utiliser un élastomère dont la charge renforçante est constituée de matière isolante comme par exemple la silice, l'alumine, la craie, ou l'amidon afin de limiter ou supprimer la part de noir de carbone conventionnellement utilisé car celui-ci est conducteur. De plus, la conductivité résultante des mélanges chargés au noir de carbone est difficile à connaître précisément, ce qui rend la mesure de la caractéristique capacitive plus incertaine.

La caractéristique capacitive peut être la capacité que l'on mesure en régime électrique continu ou l'impédance capacitive que l'on mesure en régime électrique dynamique.

Ainsi le dispositif de l'invention permet d'évaluer les efforts subis par la structure. Cette évaluation peut être faite par le dispositif lui-même ou par un système de calcul intégré au véhicule qui utilise les mesures de déformations issues du dispositif de l'invention. Le signal représentatif de la variation de caractéristique capacitive et donc de la déformation de la structure peut également être utilisé tel quel par un système de calcul intégré au véhicule. En fait, le dispositif de l'invention est un "capteur" permettant de détecter les déformation d'une structure déformable et capable d'élaborer un signal représentatif de la déformation, ce signal étant utilisable par le dispositif lui-même ou par d'autres dispositifs comme signal d'entrée dans le cadre par exemple de l'assistance à la conduite (ABS, ASR, ESP, mesure de pression des pneumatiques, correcteur d'assiette, contrôle du roulis de caisse, etc...).

De préférence, les électrodes du dipôle sont des éléments filaires sensiblement parallèles. Par "éléments filaires" on entend des éléments dont la longueur est

importante par rapport aux autres dimensions comme par exemple des fils, des faisceaux de fils, des câbles, des poutres, des tubes. De la sorte, le dispositif est sensible aux déformations principalement dans une seule direction qui est la direction qui provoque une variation de la distance entre les électrodes. De plus, la rigidité du diélectrique selon
5 la direction perpendiculaire à l'axe d'un élément filaire est peu affectée par la rigidité longitudinale de cet élément filaire.

De préférence, les électrodes sont métalliques et constituées de fils ou d'arrangements de fils comparables à ceux qui sont conventionnellement utilisés pour renforcer les
10 pneumatiques.

Les caractéristiques précitées de la présente invention, ainsi que d'autres seront mieux comprises à la lecture de la description des figures, parmi lesquelles :

- 15 - la figure 1 est une vue schématique en coupe dans un plan parallèle au plan de roue d'une partie de la bande de roulement d'un pneumatique instrumentée selon un premier mode de réalisation,
- 20 - la figure 1a est une vue schématique en coupe dans un plan parallèle au plan de roue d'une partie de la bande de roulement d'un pneumatique instrumentée selon un deuxième mode de réalisation,
- la figure 1b est une vue schématique en coupe dans un plan parallèle au
25 plan de roue d'une partie de la bande de roulement d'un pneumatique instrumentée selon un troisième mode de réalisation,
- la figure 1c est une vue schématique en coupe dans un plan parallèle au
30 plan de roue d'une partie de la bande de roulement d'un pneumatique instrumentée selon un quatrième mode de réalisation,

- la figure 2 est une vue schématique en coupe dans un plan parallèle au plan de roue d'une partie de la bande de roulement d'un pneumatique instrumentée selon une variante du premier mode de réalisation,
- 5 - la figure 2a est une vue schématique en coupe dans un plan parallèle au plan de roue d'une partie de la bande de roulement d'un pneumatique instrumentée selon une variante du deuxième mode de réalisation,
- la figure 2b est un vue schématique en coupe dans un plan parallèle au
10 plan de roue d'une partie de la bande de roulement d'un pneumatique instrumentée selon une variante du troisième mode de réalisation,
- la figure 2c est un vue schématique en coupe dans un plan parallèle au
15 plan de roue d'une partie de la bande de roulement d'un pneumatique instrumentée selon une variante du quatrième mode de réalisation,
- la figure 3 est un graphique expérimental illustrant la variation de la capacité différentielle mesurée, entre les deux dipôles électriques possédant une électrode commune tel que celui décrit à la figure 2c insérés dans la bande
20 de roulement d'un pneumatique lorsque celui-ci roule, dans trois situations différentes.
- La figure 4 est une vue schématique d'un flanc de pneumatique instrumenté selon un cinquième mode de réalisation.
25
- La figure 4a est une vue schématique en coupe d'un flanc instrumenté selon le cinquième mode de réalisation.
- La figure 4b est un graphique expérimental illustrant l'évolution de la
30 capacité mesurée aux bornes d'un dipôle électrique inséré dans le flanc d'un pneumatique tel que celui décrit à la figure 4, lorsque celui-ci roule.

- La figure 5 est une vue schématique d'un flanc instrumenté selon un sixième mode de réalisation.
- La figure 5a est une vue schématique en coupe d'un flanc instrumenté
5 selon le sixième mode de réalisation.
- La figure 6 est un graphique expérimental illustrant l'évolution de la capacité mesurée aux bornes d'un dipôle électrique inséré dans le flanc d'un pneumatique tel que celui décrit à la figure 5, lorsque celui-ci roule.
10
- La figure 7 est une vue schématique d'un dipôle électrique configuré selon un premier arrangement.
- La figure 7a est une vue schématique d'un dipôle électrique configuré
15 selon un deuxième arrangement.
- La figure 7b est une vue schématique d'un dipôle électrique configuré selon un troisième arrangement.
- La figure 8 est une vue schématique d'un pneumatique instrumenté selon le mode de réalisation de la figure 4 en deux positions réparties sur le tour de
20 roue.
- La figure 9 est un graphique expérimental illustrant l'évolution de la
25 capacité aux bornes d'un dipôle électrique formé de deux dipôles électriques élémentaires reliés en parallèle et insérés dans le flanc d'un pneumatique selon la figure 4, lorsque celui-ci roule.

Ces figures illustrent deux types principaux d'instrumentation d'une enveloppe de
30 pneumatique, dans des zones de fortes déformations de celle-ci, la bande de roulement et le flanc, le capteur décrit étant par essence un capteur de déformation. L'instrumentation d'une enveloppe de pneumatique selon cette méthodologie ne se limite cependant pas à ces deux zones.

La Figure 1 illustre une première façon d'instrumenter la bande de roulement d'un pneumatique selon l'invention. Les directions sont conventionnellement repérées comme suit: X est la direction longitudinale de la bande de roulement (c'est à dire la direction de déplacement du pneumatique lorsqu'il roule sans glissement), Y est la direction transversale de la bande de roulement et Z est la direction normale au plan de la bande de roulement dans l'aire de contact (c'est à dire "radiale" du pneumatique ou verticale par rapport au sol horizontal.

La bande de roulement 1 comprend un corps élastomérique 3 isolant, par exemple chargé à la silice, positionné à l'extérieur des renforts de ceinture 4 et dans le volume d'un pain de sculpture 2. Le corps élastomérique 3 constitue le diélectrique d'un dipôle électrique. Les électrodes du dipôle qui consistent en deux fils 6 métalliques et parallèles, sont positionnées perpendiculairement à la direction longitudinale X de la bande de roulement, dans un même plan radial YZ. Les caractéristiques capacitatives du dipôle ainsi constitué varient en fonction de la déformation du corps élastomérique 3.

Lorsque le pneu roule sur le sol 8, le pain de sculpture 2 est soumis à des efforts variables. Ces efforts développés à l'interface du pain de sculpture 2 et du sol 8, sont transmis à l'intérieur de la bande de roulement 1, et ont pour effet de déformer le corps élastomérique 3. Alors, la distance entre les fils métalliques 6 du dipôle électrique varie, ce qui modifie son impédance électrique capacitive ou sa capacité. L'évolution de l'impédance électrique capacitive ou de la capacité du dipôle électrique est fortement corrélée aux efforts développés à l'interface entre le pain de sculpture 2 et la chaussée 8 et ceci peut permettre éventuellement d'évaluer ces efforts.

Un tel arrangement spatial des électrodes filaires 6 qui constituent le dipôle électrique rend la mesure capacitive particulièrement sensible aux cisaillements suivant la direction de roulage X. Cette mesure n'est toutefois pas sensible au sens de la déformation de cisaillement suivant la direction X.

Une manière de minimiser encore la sensibilité du dipôle électrique aux cisaillements développés suivant la direction Y perpendiculaire à X, consiste à dimensionner les

électrodes filaires 6 de telle sorte que le rapport de leurs longueurs soit sensiblement différent de 1 et que leur positionnement relatif (le long de l'axe Y) soit tel que la longueur en regard des électrodes ne varie pas en cas de cisaillement selon la direction Y.

5

Le dipôle électrique précédemment décrit peut être positionné, non plus perpendiculairement, mais parallèlement à la direction de roulage X, dans un même plan XZ. Ainsi, la mesure capacitive entre les deux électrodes filaires 6 devient particulièrement sensible aux cisaillements développés suivant la direction Y, et sa
10 sensibilité aux cisaillements développés suivant la direction de roulage X peut être minimisée de la même façon que précédemment.

La figure 1a représente une variante de la figure 1 dans laquelle on a utilisé les mêmes éléments repérés par les mêmes références. La différence réside dans le fait que les
15 électrodes filaires 6 ne sont pas situées dans le même plan radial vertical YZ en l'absence de déformation. Cet arrangement spatial des électrodes filaires 6 présente l'avantage, par rapport à l'arrangement décrit à la figure 1, de rendre la mesure sensible au sens du cisaillement développé suivant la direction X (respectivement Y pour la configuration alternative décrite en relation avec la figure 1). En effet, si le décalage
20 initial est suffisant, la caractéristique capacitive augmentera pour un sens de cisaillement et diminuera pour un cisaillement de sens inverse. On comprend que le décalage est suffisant lorsqu'il permet d'exclure que les électrodes aillent au-delà d'un alignement vertical quel que soit l'effort transmis. L'effort maximal est fonction de l'adhérence et de la charge.

25

La figure 1b représente une variante de la figure 1a dans laquelle on a utilisé les mêmes éléments repérés par les mêmes références. La différence réside dans le fait que les électrodes filaires sont ici au nombre de trois. Ainsi, le corps élastomérique 3 contient deux dipôles électriques qui possèdent une électrode commune 60. La position des deux
30 autres électrodes (61 et 62), appartenant respectivement à chacun des 2 dipôles, est préférablement symétrique par rapport au plan radial vertical YZ passant par le centre de l'électrode commune 60.

Cette configuration à trois électrodes permet plusieurs modes d'exploitation des variations de caractéristique capacitive. En effet, on peut naturellement mesurer la variation de la caractéristique capacitive de chaque dipôle pour connaître les déformations et les efforts subis par le pain de gomme de la bande de roulement comme
5 décrit plus haut.

Cependant, cette configuration a en outre pour conséquence d'une part que la différence entre les mesures capacitatives issues des deux dipôles est encore plus sensible (la sensibilité augmente au moins d'un facteur 2) aux déformations de cisaillement suivant
10 la direction X et d'autre part que la somme de ces deux mesures capacitatives est tout à fait représentative de la déformation de compression du diélectrique selon la direction Z. Ceci est dû au fait que l'effet de compression selon Z est sensiblement le même pour chacun des deux dipôles alors que l'effet du cisaillement selon X est sensiblement opposé pour chaque dipôle.

15 Cette configuration peut donc avantageusement être mise en œuvre pour connaître les efforts selon Z et/ou pour connaître avec une plus grande précision les efforts de cisaillement.

20 Ces constatations sont respectivement valables lorsque les électrodes du dipôle électrique sont orientées parallèlement à la direction de roulage X et que la mesure concerne le cisaillement selon la direction transversale Y comme décrit plus haut.

La figure 1c représente un mode de réalisation de l'invention dans lequel on retrouve les
25 éléments de la configuration de la figure 1. Cependant, dans ce mode de réalisation, le dipôle diélectrique est placé dans une rainure 9 de la bande de roulement 1. Et les deux électrodes 6 sont disposées dans un plan XY parallèle au plan de la bande de roulement. Cette configuration est donc principalement sensible à des déformations d'extension ou de compression selon la direction X liées à la déformation relative des deux pains de
30 sculpture adjacents.

Les figures 2, 2a, 2b et 2c illustrent des variantes des bandes de roulement représentées respectivement aux figures 1a, 1b et 1c. Les éléments portent les mêmes références

augmentées de 100 par rapport aux mêmes éléments desdites figures. La différence réside dans le fait que le corps élastomérique qui constitue le diélectrique 103 est le même matériau que celui qui constitue le reste la bande de roulement ou à tout le moins les parties adjacentes de la bande de roulement. Cette caractéristique peut permettre une plus grande cohésion du pneumatique et une production optimisée lorsque le matériau employé pour la bande de roulement possède les caractéristiques recherchées pour le diélectrique.

La figure 3 est un enregistrement graphique expérimental de l'évolution (au cours de la rotation du pneumatique) de l'impédance capacitive différentielle, c'est à dire de la différence entre les impédances capacitives du premier et du deuxième dipôle électrique, tels que décrits à la figure 2b. On observe dans la partie centrale du graphique les effets du passage du capteur dans l'aire de contact. Les trois courbes représentent des situations de roulage différentes. La courbe en trait continu fin représente le cas d'un pneumatique qui roule librement sous une charge donnée. La courbe en trait pointillé gras représente le cas du même pneumatique roulant sous la même charge mais soumis en outre à un couple freineur. Enfin, la courbe constituée par une succession de croix représente le cas du même pneumatique roulant sous la même charge mais soumis cette fois à un couple moteur. On visualise bien sur cette figure la relation qui existe entre la caractéristique électrique mesurée et les efforts subis.

La figure 4 représente un cinquième mode de réalisation du dispositif de l'invention. Dans celui-ci, les électrodes 6 sont disposées dans l'épaisseur d'un flanc 10 d'un pneumatique. Le matériau qui constitue ce flanc est par exemple un élastomère suffisamment isolant. Dans ce mode de réalisation, les fils sont métalliques, sensiblement parallèles entre eux et au flanc et s'étendent le long d'un rayon du pneumatique. Chaque électrode est située sensiblement à la même distance du plan médian du pneumatique. Lorsque le pneumatique roule, les efforts transmis entre le véhicule et le sol ont pour effet de déformer le flanc 10. La distance entre les fils métalliques 6 du dipôle électrique varie, ce qui modifie son impédance capacitive ou sa capacité. L'analyse de cette variation permet d'évaluer des déformations du flanc 10 et par exemple d'évaluer les efforts transmis entre le véhicule et la route.

Les fils métalliques ne perturbent pratiquement pas le fonctionnement mécanique du pneumatique et l'évolution de la caractéristique capacitive mesurée est tout à fait représentative de l'extension circonférentielle du flanc.

- 5 Les électrodes 6 peuvent être positionnées n'importe où dans l'épaisseur du flanc 10. La coupe de la figure 4a représente un exemple dans lequel le dipôle électrique est positionné à l'extérieur des renforts de carcasse 13. Lors de la flexion du flanc, les renforts de carcasse 13 constituent la fibre neutre. Les déformations subies par le diélectrique sont d'autant plus importantes que le dipôle en est éloigné. D'autre part, un
- 10 positionnement dans la partie intérieure du flanc présente l'avantage d'être mieux protégé des agressions mécaniques extérieures et des perturbations électromagnétiques. Les fils métalliques constituant les électrodes 6 du dipôle peuvent également faire partie intégrante des renforts de carcasse 13.
- 15 La figure 4b est un graphique montrant l'évolution de la capacité mesurée lorsque le pneumatique effectue une rotation complète dans un cas de charge donné.

Les figures 5 et 5a illustrent une autre façon d'instrumenter le flanc d'un pneumatique. Les fils métalliques 6 qui constituent le dipôle électrique sont sensiblement parallèles

20 entre eux et au flanc, s'étendent radialement et sont ici distants l'un de l'autre dans la direction de l'épaisseur du flanc c'est à dire la direction axiale du pneumatique (donc situés dans le plan YZ du repère des figures 5 et 5a).

De la même façon que précédemment, le fonctionnement mécanique du pneumatique

25 n'est pratiquement pas perturbé par la présence de ces fils. Ainsi disposés, l'évolution de l'impédance capacitive ou de la capacité entre les fils métalliques 6 est représentative des variations de l'épaisseur du flanc. L'épaisseur du flanc varie en relation avec l'extension circonférentielle du flanc et sa flexion conformément à la loi de Poisson. Celle-ci régit de manière connue les déformations d'un matériau selon des directions

30 perpendiculaires.

La figure 6 est un graphique montrant l'évolution de la capacité mesurée du dipôle électrique décrit à la figure 5 lorsque le pneumatique effectue une rotation complète dans un cas de charge donné.

- 5 Il peut être avantageux qu'au moins une des deux électrodes métalliques du dipôle électrique soit en forme de peigne. Les électrodes métalliques 6 sont alors positionnées de telle façon que chaque dent de l'une des électrodes jouxte une ou deux dents de l'autre électrode (peigne inter-digités). Les figures 7, 7a, et 7b montrent des variantes de ce principe. La figure 7 correspond au cas où le capteur est constitué de deux électrodes
- 10 filaires simples A et B comme on les a décrites sur les figures précédentes. La figure 7a illustre une deuxième façon de réaliser un dipôle électrique. L'électrode A consiste en un fil métallique et l'électrode B consiste en deux fils métalliques reliés entre eux (peigne à deux dents). L'électrode A et les dents de l'électrode B sont sensiblement parallèles entre elles et l'électrode A est placée entre les deux dents de l'électrode B en
- 15 forme de peigne. La figure 7b illustre la façon générale de réaliser un dipôle électrique. Les deux électrodes A et B consistent chacune en plusieurs conducteurs reliés entre eux, en forme de peigne. La différence de nombre de dent des électrodes A et B n'excède pas 1, les dents des électrodes A et B étant placées de telle façon que chaque dent d'une électrode jouxte 1 ou 2 dents de l'autre électrode et que deux dents voisines soient
- 20 sensiblement parallèles entre elles.

- Particulièrement dans l'application à la mesure de l'extension circonférentielle du flanc, l'utilisation d'électrodes en forme de peigne présente au moins deux avantages. Un premier avantage est que la variation de caractéristique capacitive avec l'extension
- 25 circonférentielle est d'autant plus grande (et donc potentiellement plus simple à mesurer) que le nombre de dents des peignes constituant le dipôle électrique est important. Un second avantage réside dans le fait que la mesure, concernant une zone plus étendue de la structure, représente l'équivalent de la "moyenne" de plusieurs mesures locales. Ceci réduit la sensibilité du dispositif à la dispersion des propriétés
- 30 mécaniques locales du pneumatique.

Les déformations des zones instrumentées du flanc du pneumatique ont lieu principalement lors du passage dans l'aire de contact. Il peut être intéressant de

combiner plusieurs capteurs sur la circonférence du pneumatique. Si l'on raccorde en parallèle cette pluralité de capteurs, on peut faire plusieurs mesures significatives à chaque tour de roue. Alors, l'évolution de la capacité mesurée rendra compte des déformations successives de plusieurs zones du flanc. Le recouvrement éventuel des
5 différentes déformations peut être pris en compte par un traitement du signal approprié.

Cette combinaison est illustrée schématiquement sur la figure 8 dans le cas de deux dipôles électriques répartis sur la circonférence d'un flanc. Chacun des dipôles est configuré selon l'exemple de la figure 4 et l'ensemble est connecté en parallèle. Le
10 graphique de la figure 9 montre l'évolution de l'impédance capacitive lorsque le pneumatique roule dans les mêmes conditions que pour la figure 4b. On constate que le signal correspond bien à la somme de deux signaux indépendants pratiquement sans recouvrement dans le cas de deux dipôles répartis à 180° l'un de l'autre autour de la roue. Cependant, ceci n'est qu'un exemple non limitatif car on peut également connecter
15 un nombre plus important de dipôles élémentaires et appliquer ce même principe à d'autres configurations, par exemple celles des figures 1 à 2c ou celle de la figure 4.

Il peut également être intéressant, pour améliorer le volume de données utilisées par le traitement du signal, d'instrumenter les deux flancs du pneumatique avec un ou
20 plusieurs configurations de capteurs selon l'invention.

Le dispositif de l'invention peut être mis en œuvre sous la forme d'un dispositif intégré au pneumatique mais également sous la forme d'un élément fabriqué indépendamment et fixé sur le pneumatique au cours de sa fabrication ou à la suite de celle-ci.
25

Le dispositif de l'invention peut également être implanté dans un accessoire du pneumatique tel qu'une chambre à air qui est soumis aux déformations du pneumatique.

Les illustrations de l'invention sont ici limitées à l'application de l'invention au
30 pneumatique mais comme exposé dans le préambule de la présente description l'invention s'applique de manière similaire dans d'autres structures comprenant un corps élastomérique comme par exemple les articulations élastomériques destinées à la liaison au sol d'un véhicule.

De préférence, les dimensions géométriques des fils métalliques constituant les dipôles électriques doivent être faibles, à savoir des diamètres de fils inférieurs ou égaux à 1 mm, et des longueurs de fils inférieures ou égales à 1 cm, de telle sorte que leur
5 insertion ne perturbe pas trop le fonctionnement mécanique du pneumatique.

Pour réduire l'effet de perturbations électromagnétiques extérieures, qui peuvent être, le cas échéant, sources d'erreurs sur l'évaluation des déformations, le dispositif de l'invention peut également comprendre un blindage électromagnétique. Ce blindage
10 électromagnétique doit être suffisamment électriquement conducteur, et ses propriétés électriques intrinsèques (conductivité, permittivité) suffisamment stables mécaniquement et thermiquement, pour ne pas modifier le fonctionnement électrique des moyens de mesures. Le matériau constituant le blindage électromagnétique doit être
15 suffisamment déformable pour ne pas modifier le fonctionnement mécanique de la structure à laquelle est associée le dispositif de l'invention.

Revendications

1. Dispositif d'évaluation de déformations d'une structure comprenant un corps élastomérique, ledit dispositif comprenant un dipôle dont le diélectrique est formé par ledit corps élastomérique et un circuit électronique d'analyse sensible à une variation d'une caractéristique capacitive du dipôle occasionnée par lesdites déformations dudit corps.
2. Dispositif selon la revendication 1 comprenant en outre des moyens d'évaluation efforts subis par ladite structure en fonction desdites déformations provoquées par lesdits efforts, la résistivité dudit corps élastomérique étant supérieure à $10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$.
3. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, le dipôle comprenant des électrodes filaires.
4. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, lesdites électrodes étant sensiblement parallèles.
5. Dispositif selon l'une des revendications précédentes destiné à être mis en œuvre dans un pneumatique.
6. Pneumatique comportant au moins un dispositif selon l'une des revendications précédentes.
7. Pneumatique selon la revendication 6, le dipôle étant situé dans l'épaisseur de la bande de roulement.
8. Pneumatique selon la revendication 7, le dipôle étant situé dans le volume d'un élément de sculpture.
9. Pneumatique selon la revendication 7, le diélectrique (103) étant constitué par le matériau qui constitue la bande de roulement au moins dans la zone où il se situe.

10. Pneumatique selon l'une des revendications 7 à 9 comprenant au moins un dispositif selon la revendication 3, ledit dispositif comprenant deux électrodes filaires (6) sensiblement perpendiculaires à la direction longitudinale (X) de la bande de roulement et sensiblement parallèles à la direction transversale (Y) de la bande de roulement.
11. Pneumatique selon l'une des revendications 7 à 9 comprenant au moins un dispositif selon la revendication 3, ledit dispositif comprenant deux électrodes filaires (6) sensiblement perpendiculaires à la direction transversale (Y) de la bande de roulement et sensiblement parallèles à la direction longitudinale (X) de la bande de roulement.
12. Pneumatique selon l'une des revendications 11 ou 12, lesdites électrodes étant situées sensiblement dans le même plan radial de la bande de roulement.
13. Pneumatique selon l'une des revendications 11 ou 12, ledit dispositif comprenant au moins trois électrodes (60; 61, 62) qui constituent au moins deux dipôles.
14. Pneumatique selon la revendication 7 comprenant au moins un dispositif selon la revendication 3, ledit dispositif comprenant deux électrodes filaires situées dans une zone de la bande de roulement qui n'est pas destinée à entrer en contact avec le sol lors du roulage du pneumatique.
15. Pneumatique selon la revendication 6, ledit dispositif étant situé dans un flanc dudit pneumatique.
16. Pneumatique selon la revendication 15, ledit diélectrique étant constitué par le matériau élastomérique qui constitue ledit flanc au moins dans la zone où il se situe.
17. Pneumatique selon l'une des revendications 15 ou 16, ledit dipôle comprenant des électrodes sensiblement parallèles, orientées sensiblement radialement.

18. Pneumatique selon la revendication 17, lesdites électrodes étant sensiblement parallèles entre elles et au flanc et s'étendant le long d'un rayon du pneumatique, chacune desdites électrodes étant située sensiblement à la même distance du plan médian du pneumatique.
- 5
19. Pneumatique selon la revendication 17, lesdites électrodes étant sensiblement parallèles entre elles et au flanc et s'étendant le long d'un rayon du pneumatique, chacune desdites électrodes étant distantes l'une de l'autre dans la direction de l'épaisseur du flanc.
- 10
20. Pneumatique selon l'une des revendications 17 à 19, les électrodes étant constituées par des peignes inter-digités.
21. Pneumatique selon l'une des revendications 17 à 20, comprenant une pluralité de dipôles disposés le long de la circonférence du flanc et connectés entre eux en parallèle pour constituer un dipôle unique.
- 15
22. Articulation élastomérique, en particulier destiné à la liaison au sol d'un véhicule, comprenant au moins un dispositif selon l'une des revendications 1 à 4.
- 20
23. Procédé d'évaluation de déformations d'une structure comprenant un corps élastomérique consistant à déduire lesdites déformations de variations d'une caractéristique capacitive d'au moins un dipôle dont le diélectrique est formé par ledit corps élastomérique.
- 25
24. Procédé d'évaluation des efforts subis par une structure comprenant un corps élastomérique, ledit procédé consistant à évaluer lesdits efforts à partir de déformations dudit corps provoquées par lesdits efforts, la résistivité dudit corps étant supérieure à $10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$, ledit procédé étant caractérisé en ce que lesdites
- 30
- déformations sont déduites de variations d'une caractéristique capacitive d'au moins un dipôle dont le diélectrique est formé par ledit corps élastomérique.

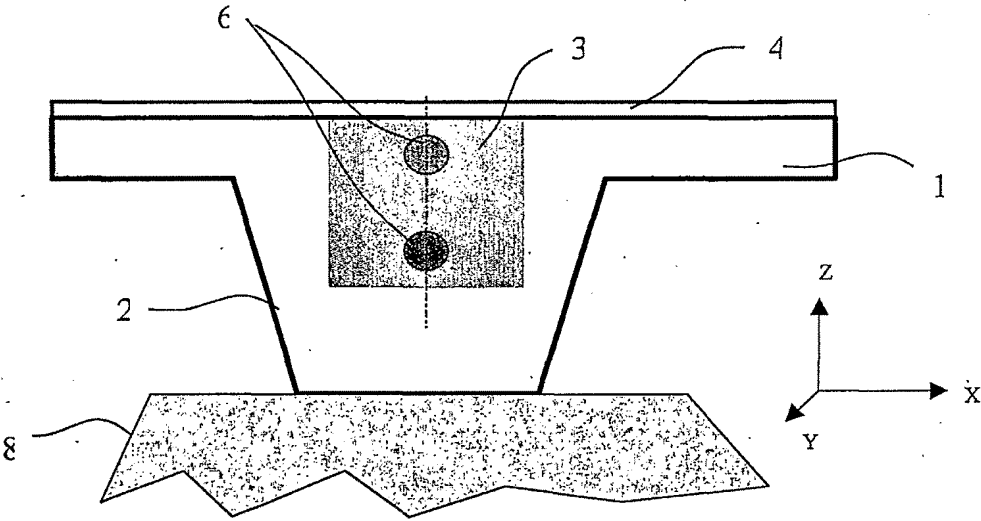


FIG. 1

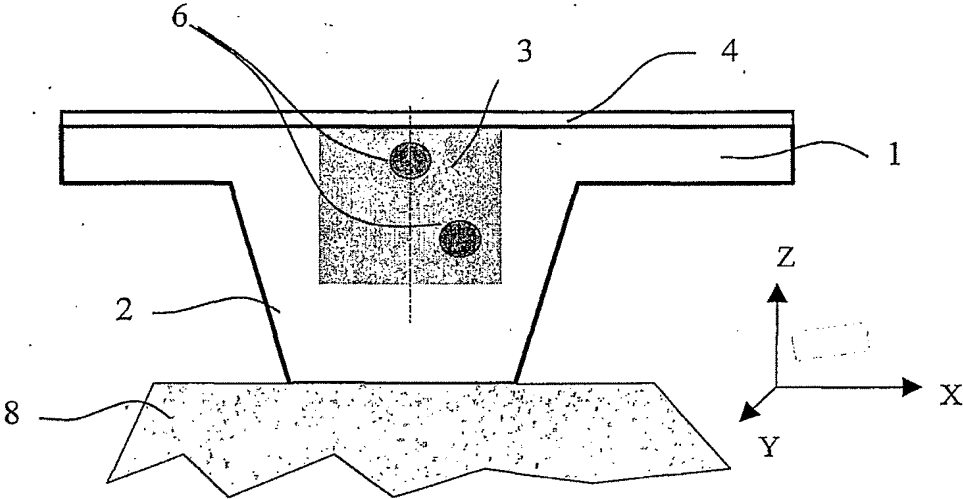
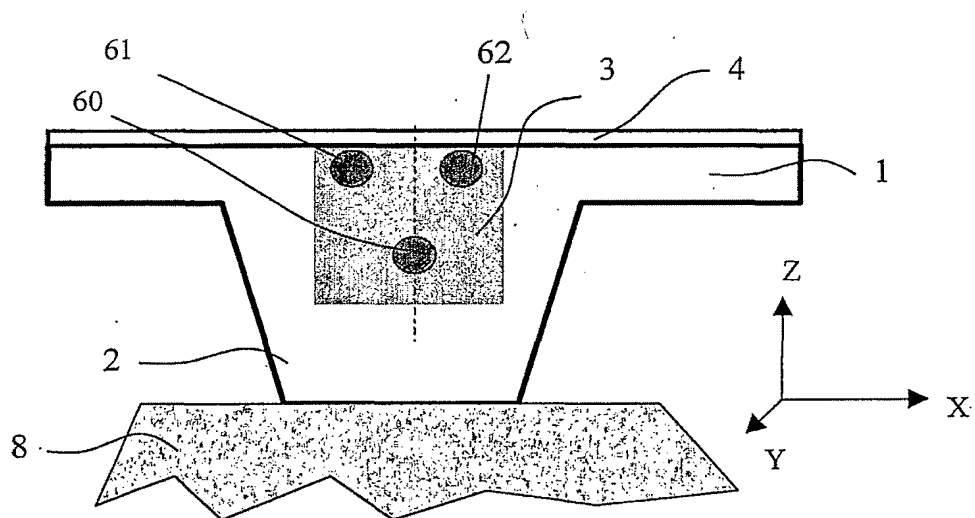
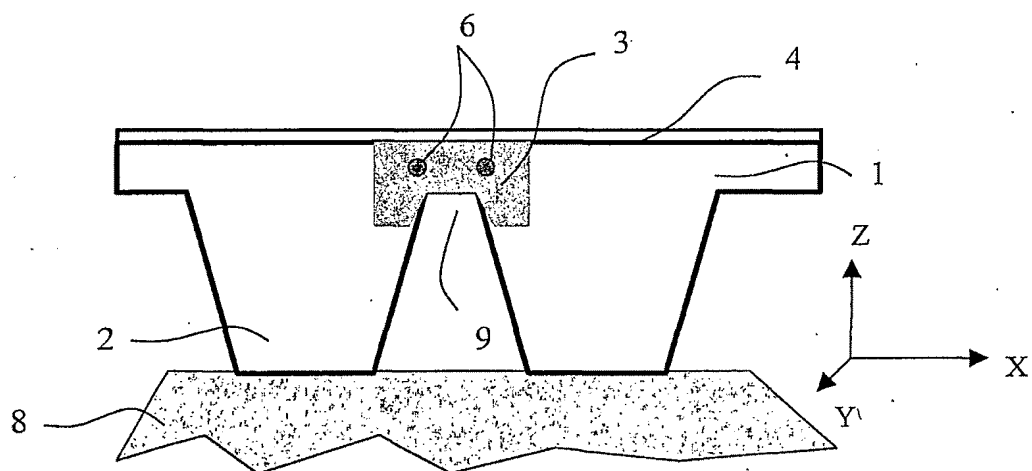


FIG. 1a

2/9

**FIG. 1b****FIG. 1c**

3/9

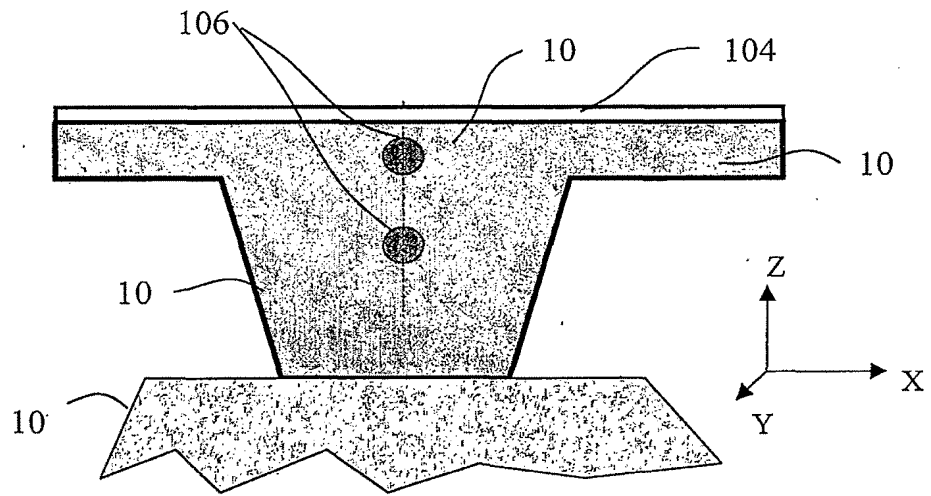


FIG. 2

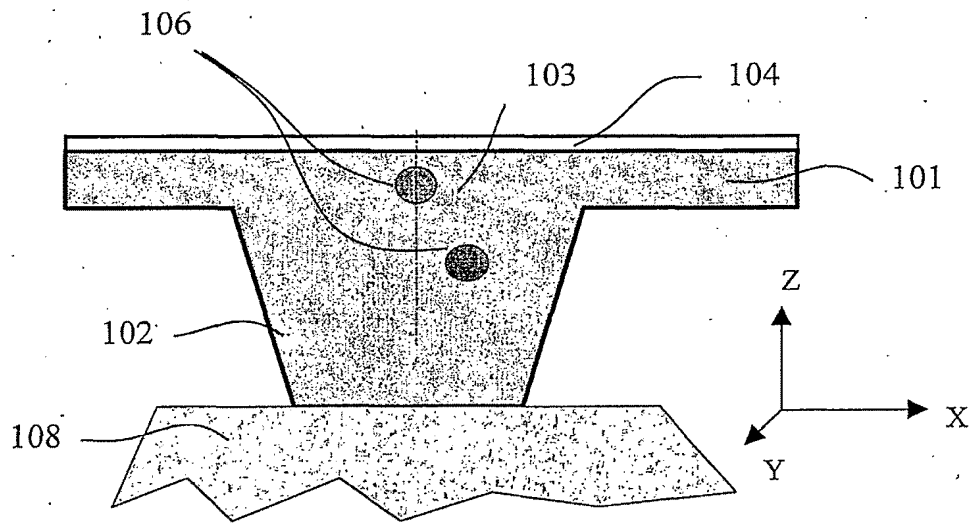


FIG. 2a

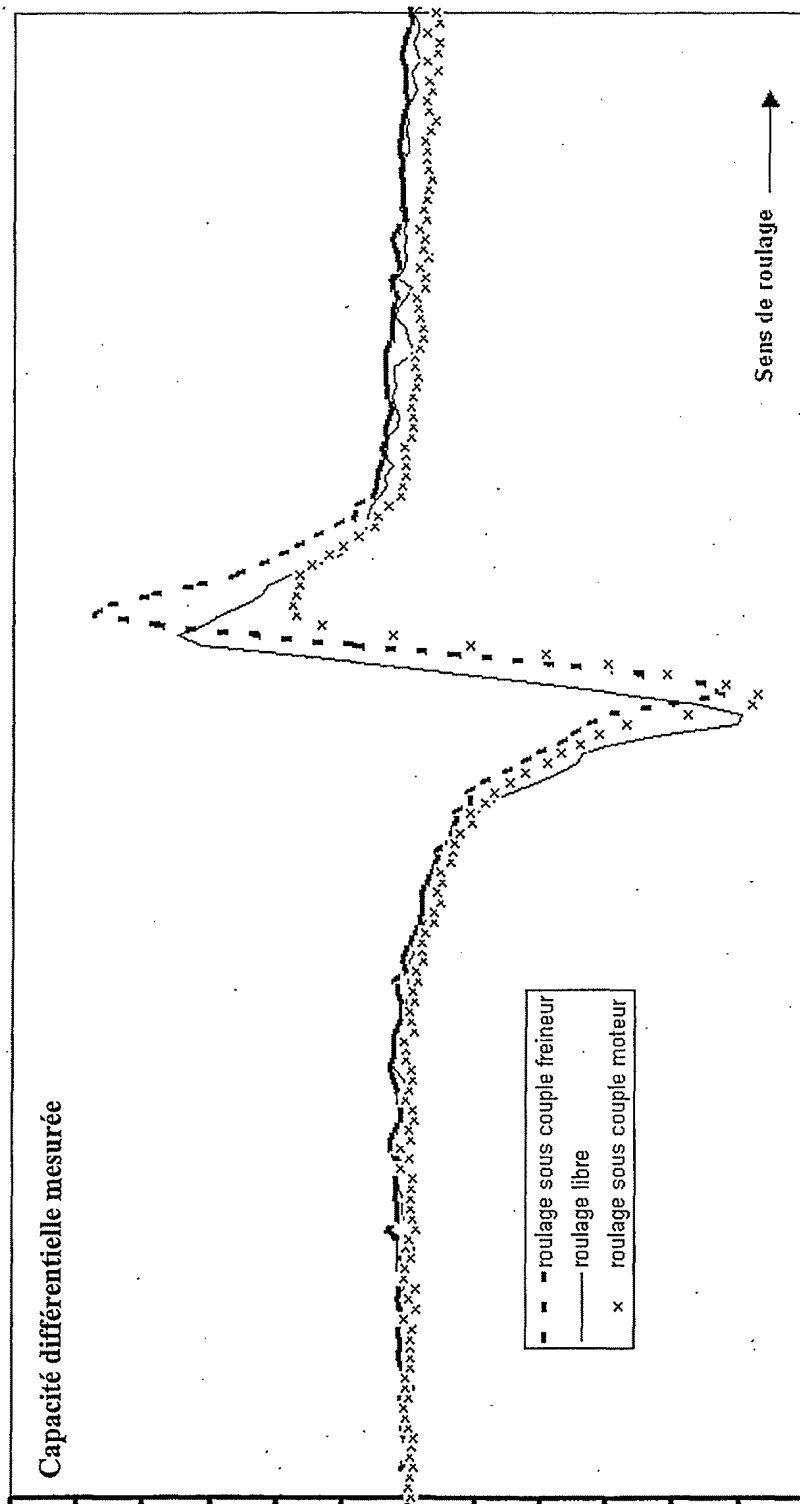
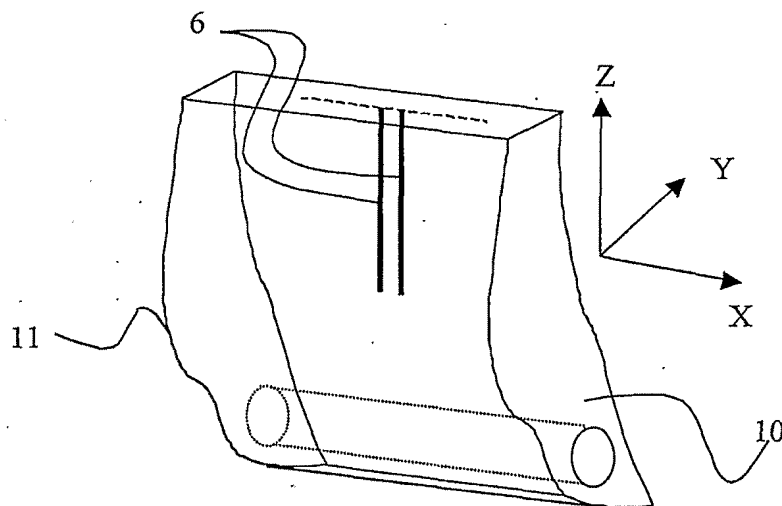
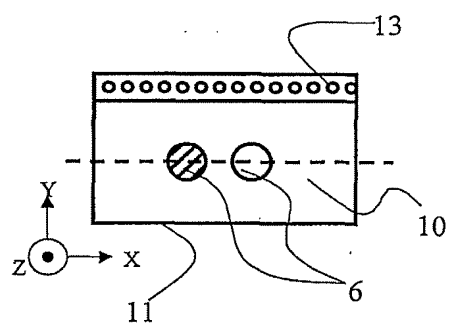
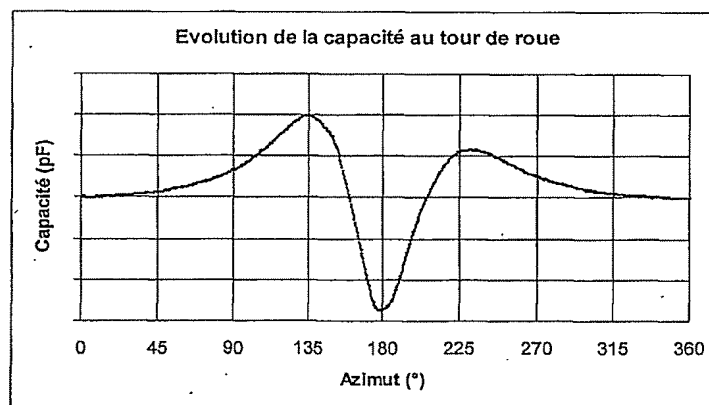
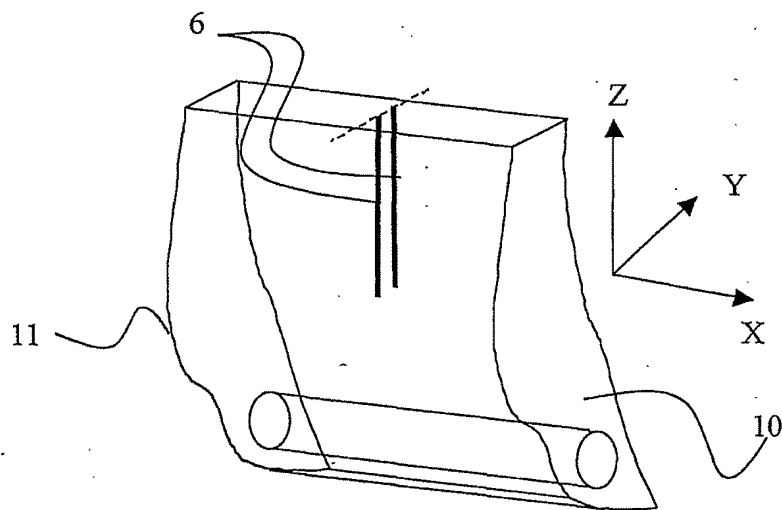
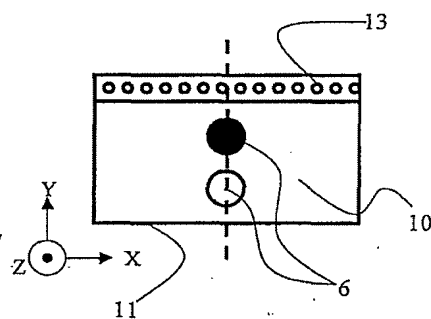
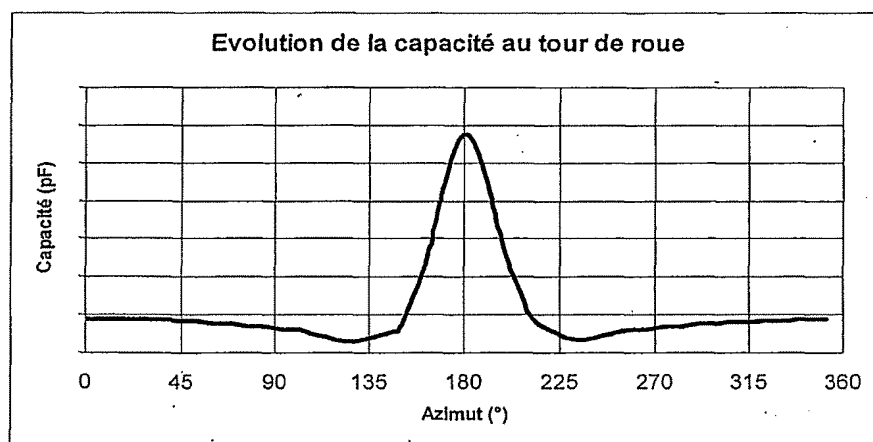


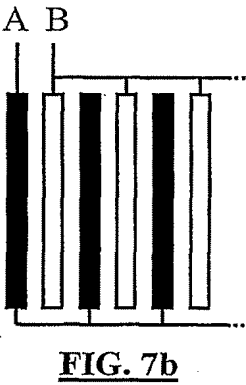
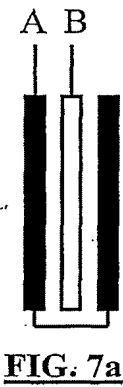
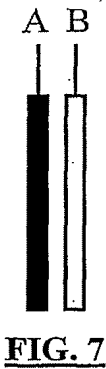
FIG. 3

6/9

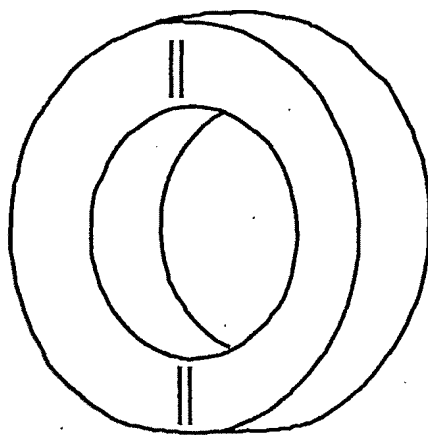
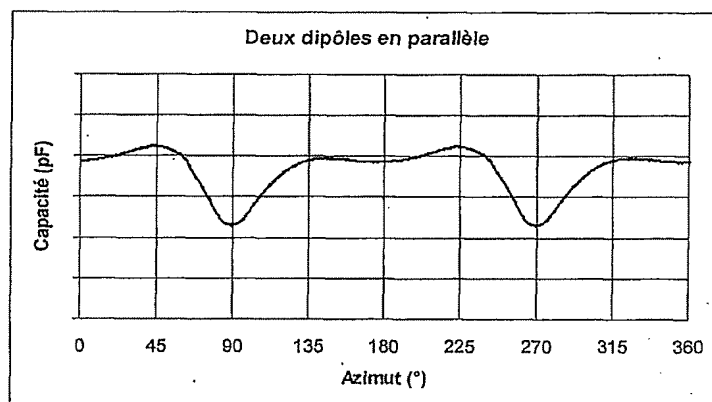
**FIG. 4****FIG. 4a****FIG. 4b**

7/9

**FIG. 5****FIG. 5a****FIG. 6**



9/9

**FIG. 8****FIG. 9**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Patent Application No.

PCT/EP 02/00180

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01B7/16 G01L1/14 B60C11/00 B60T8/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01B G01L G01M B60C B60T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 801 864 C (CONTINENTAL GUMMI-WERKE AKT.-GES.) 14 December 1950 (1950-12-14) the whole document	1-24
X	EP 0 756 162 A (HOKUSHIN CORP ;NIPPON DYNE A MAT CORP (JP)) 29 January 1997 (1997-01-29) page 7, line 40 - line 44	1
X	US 4 102 422 A (CHRISTIANSSON PER LENNART) 25 July 1978 (1978-07-25) figure 1	1-4
A	DE 35 03 805 A (CONTINENTAL GUMMI WERKE AG) 7 August 1986 (1986-08-07) figure 5	1-24

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 April 2002

Date of mailing of the international search report

02/05/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Clevorn, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
information on patent family members

Int l Application No
PCT/EP 02/00180

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 801864	C	25-01-1951	NONE	
EP 0756162	A	29-01-1997	JP 9043080 A JP 9043081 A CA 2182221 A1 CN 1148166 A DE 69616198 D1 EP 0756162 A2 US 5693886 A	14-02-1997 14-02-1997 29-01-1997 23-04-1997 29-11-2001 29-01-1997 02-12-1997
US 4102422	A	25-07-1978	SE 399963 B DE 2615141 A1 DK 163776 A FI 760931 A GB 1542732 A NO 761183 A SE 7503998 A	06-03-1978 14-10-1976 09-10-1976 09-10-1976 21-03-1979 11-10-1976 09-10-1976
DE 3503805	A	07-08-1986	DE 3503805 A1	07-08-1986

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De de Internationale No
PCT/EP 02/00180

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 G01B7/16 G01L1/14 B60C11/00 B60T8/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G01B G01L G01M B60C B60T

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	DE 801 864 C (CONTINENTAL GUMMI-WERKE AKT.-GES.) 14 décembre 1950 (1950-12-14) le document en entier ---	1-24
X	EP 0 756 162 A (HOKUSHIN CORP ;NIPPON DYNE A MAT CORP (JP)) 29 janvier 1997 (1997-01-29) page 7, ligne 40 - ligne 44 ---	1
X	US 4 102 422 A (CHRISTIANSSEN PER LENNART) 25 juillet 1978 (1978-07-25) figure 1 ---	1-4
A	DE 35 03 805 A (CONTINENTAL GUMMI WERKE AG) 7 août 1986 (1986-08-07) figure 5 -----	1-24

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

3 avril 2002

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

02/05/2002

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Clevorn, J.

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

De Je internationale No
PCT/EP 02/00180

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
DE 801864	C	25-01-1951	AUCUN		
EP 0756162	A	29-01-1997	JP	9043080 A	14-02-1997
			JP	9043081 A	14-02-1997
			CA	2182221 A1	29-01-1997
			CN	1148166 A	23-04-1997
			DE	69616198 D1	29-11-2001
			EP	0756162 A2	29-01-1997
			US	5693886 A	02-12-1997
US 4102422	A	25-07-1978	SE	399963 B	06-03-1978
			DE	2615141 A1	14-10-1976
			DK	163776 A	09-10-1976
			FI	760931 A	09-10-1976
			GB	1542732 A	21-03-1979
			NO	761183 A	11-10-1976
			SE	7503998 A	09-10-1976
DE 3503805	A	07-08-1986	DE	3503805 A1	07-08-1986